

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP 0019814 (301)

REC'D 01 FEB 2001

WIPO

PCT

4

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 48 613.1

Anmeldetag: 08. Oktober 1999

Anmelder/Inhaber: Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte
Forschung e.V.,
Villingen-Schwenningen/DE

Bezeichnung: Elektromechanisches Bauelement und Verfahren
zur Herstellung desselben

IPC: B 81 B, B 81 C, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Oktober 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Werner

PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys

Patentanwälte · Postfach 710867 · 81458 München

**Hahn-Schickard-Gesellschaft
für angewandte Forschung e. V.**

Wilhelm-Schickard-Str. 10

78052 Villingen-Schwenningen

Fritz Schoppe, Dipl.-Ing.
Tankred Zimmermann, Dipl.-Ing.
Ferdinand Stöckeler, Dipl.-Ing.

Telefon/Telephone 089/790445-0

Telefax/Facsimile 089/790 22 15

Telefax/Facsimile 089/74996977

e-mail 101345.3117@CompuServe.com

**Elektromechanisches Bauelement und Verfahren zur
Herstellung desselben**

Postanschrift / Mail address: Postfach / P. O. Box 710867, 81458 München

Kanzleianschrift / Office address: Irmgardstraße 22, 81479 München

Bankverbindung / Bankers: HypoVereinsbank Grünwald, Kontonummer 2 960 155 028 (BLZ 700 200 01)

Postgiroamt München, Kontonummer 315 720-803 (BLZ 700 100 80)

USt-Id Nr. / VAT Registration Number DE 130575439

ELEKTROMECHANISCHES BAUELEMENT UND VERFAHREN
ZUR HERSTELLUNG DESSELBEN

BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Mikrostrukturtechnik und insbesondere auf elektromechanische Bauelemente.

Elektromechanische Bauelemente sind Bauelemente, die einen mechanischen Effekt elektrisch erfassen bzw. elektrisch bewirken. Beispiele für elektromechanische Bauelemente sind Sensoren für lineare Beschleunigungen, Drehratensensoren, Kraftsensoren, Drucksensoren, aber auch Mikroventile oder Mikropumpen.

Beschleunigungssensoren beispielsweise, d. h. Sensoren zur Erfassung einer linearen Beschleunigung, oder Drehratensensoren zum Erfassen einer Winkelbeschleunigung, haben üblicherweise eine bewegliche Masse, die über mindestens einen Federbalken mit einem festen Rahmen verbunden ist. Wenn ein Beschleunigungssensor einer Beschleunigung ausgesetzt wird, verformt sich der Federbalken elastisch, und die Masse wird ausgelenkt. Diese Auslenkung kann dann unter Verwendung einer Vielzahl von bekannten Verfahren, wie z. B. kapazitiv, induktiv, optisch etc., erfaßt werden.

Dagegen haben Mikroventile üblicherweise eine bewegliche, elastische Struktur, die bei Anlegung eines geeigneten elektrischen Signals einen Durchflußweg für ein Fluid verkleinert oder vergrößert, d. h. die als mechanischen Effekt eine Durchflußbegrenzung bewirkt.

Umgekehrt haben Mikropumpen üblicherweise eine Membran, die elastisch ist bzw. elastisch aufgehängt ist, um ein Volumen zu verändern. Eine Mikropumpe wird darüber hinaus auch Ventile aufweisen, um mit der Volumenänderung eine definierte

Fluidbeförderung zu erreichen. Der mechanische Effekt bei Mikropumpen besteht somit in dem Transport bzw. der Dosierung eines Fluids.

Drucksensoren oder Kraftsensoren können ebenfalls eine elastisch verformbare Membran aufweisen, die bei Vorliegen eines bestimmten Drucks um einen bestimmten Grad elastisch verformt, d. h. "ausgelenkt", wird, wobei diese Auslenkung dann wieder wie beim Beschleunigungssensor auf verschiedene Arten und Weisen erfaßt werden kann, um ein elektrisches Signal zu erhalten, das den anliegenden Druck anzeigt. Sämtliche genannten elektromechanischen Bauelemente umfassen einen aktiven Teil, der durch den äußeren mechanischen Effekt elastisch verformt wird, bzw. dessen elastische Verformung zu dem mechanischen Effekt führt.

Solche elektromechanischen Bauelemente können eine integrierte Einrichtung zum Umwandeln des mechanischen Effekts in einen elektrischen Effekt bzw. zum Umwandeln eines elektrischen Effekts in einen mechanischen Effekt aufweisen. Lediglich beispielhaft sei hier die bekannte Elektrodenstruktur, z. B. in Form von Fingern oder einer Membran, erwähnt, die eine erste Gruppe von Elektroden aufweist, die mit einem beweglichen Teil verbunden ist, und die eine zweite Elektrodengruppe aufweist, die mit einem festen Teil verbunden ist, bezüglich dessen sich der bewegliche Teil bewegt. Die beiden Elektrodengruppen sind ineinandergreifend angeordnet, derart, daß eine relative Auslenkung des beweglichen Teils zum festen Teil eine Veränderung der Abstände zwischen den Elektroden ergibt, die zu einer veränderten Kapazität der Fingeranordnung führt. Diese veränderte Kapazität ist z. B. eine Funktion der auf den beweglichen Teil wirkenden Beschleunigung. Im Falle eines Drucksensors kann der mechanische Effekt beispielsweise durch Abstandsänderung zwischen zwei flächigen Elektroden im Sinne eines Plattenkondensators bewirkt werden. Diese Kapazitätsänderung kann unter Verwendung einer Wechselspannung gemessen werden.

Solche elektromechanischen Bauelemente werden üblicherweise in miniaturisierter Form aus Siliziummaterial unter Verwendung der bei der Waferprozessierung bewährten Siliziumtechnologie hergestellt. Die Siliziumtechnologie ermöglicht eine Massenproduktion, die dazu geführt hat, daß beispielsweise kapazitive Beschleunigungssensoren, die unter Verwendung der Siliziumtechnologie hergestellt worden sind, eine weite Verwendung erfahren haben, insbesondere im Bereich der Automobiltechnik, wobei hier besonders Beschleunigungssensoren für Airbag-Systeme genannt seien.

Bei solchen Siliziumsensoren ist die träge Masse an dünnen Federn aufgehängt und mit Elektrodenstrukturen versehen, die zusammen mit feststehenden ähnlichen Elektrodenstrukturen einen Kondensator bilden, dessen Kapazität sich bei Beschleunigung ändert, wodurch die Beschleunigung elektronisch detektiert werden kann. Siliziumbeschleunigungssensoren werden beispielsweise in Polysilizium-Oberflächenmikromechanik von der Firma Bosch in Reutlingen hergestellt. Bei dieser Technologie wird ein Wafer mit Sensorchips hergestellt und anschließend mit einem ebenfalls mit Techniken der Silizium-Mikromechanik geeignet vorgefertigten Deckel-Wafer unter anderem mit dem anodischen Bondverfahren verbunden, so daß die empfindlichen mikromechanisch strukturierten Silizium-Sensorstrukturen geschützt sind. Anschließend wird der Verbund-Wafer mit den verschlossenen Sensorchips vereinzelt. Die einzelnen Sensor-Chips werden dann zusammen mit einem Elektronik-Chip in ein geeignetes Gehäuse unter Verwendung von Standardverfahren der Mikroelektroniktechnologie aufgebaut, um das fertige Sensorsystem zu erhalten. Die Sensorsysteme können anschließend wie rein elektronische Bauelemente weiterverarbeitet werden.

Vorteile dieser Siliziumbeschleunigungssensoren sind die kleine Baugröße des Sensors und damit des Chips, die Herstellbarkeit im Batch-Verfahren sowie die hohe Langzeitstabilität und Genauigkeit aufgrund der günstigen Eigenschaften des verwendeten Siliziummaterials.

Nachteilig an solchen Systemen ist die Tatsache, daß solche Sensoren aufgrund ihrer sehr kleinen Abmessungen bei den Sensorstrukturen, wenn beispielsweise an Elektrodenstrukturen als Fingergruppen gedacht wird, und aufgrund des sogenannten Sticking-Effekts praktisch hermetisch dicht gegen Partikel und Feuchtigkeit geschützt werden müssen. Weiterhin ist nachteilig, daß der gesamte Herstellungsprozeß trotz der Batch-Fertigung und der Aufbautechnik der Elektroniktechnologie immer noch sehr teuer ist, da neben dem Elektronik-Chip auch zwei Silizium-Wafer mit mikromechanischen Verfahren hergestellt, verbunden und vereinzelt werden müssen.

Obwohl sich die Siliziumtechnologie sehr stark durchgesetzt hat, was zu günstigeren Preisen für die gesamten Reinraumanlagen und bereits zu einem hohen Automatisierungsgrad geführt hat, muß dennoch angemerkt werden, daß zur Waferprozessierung ein kompletter Reinraum sowie entsprechend geschultes Personal benötigt werden. Entscheidender Kostenfaktor ist somit nicht das Material selbst, sondern der Aufwand bei der Herstellung, der im wesentlichen durch die benötigten Anlagen und die aufzuwendenden Personalkosten bestimmt ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, preisgünstigere elektromechanische Bauelemente und Verfahren zum Herstellen derselben zu schaffen, die dennoch mechanische und elektrische Eigenschaften haben, die mit denen von Silizium-Bauelementen vergleichbar sind.

Diese Aufgabe wird durch ein elektromechanisches Bauelement gemäß Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren zur Herstellung eines elektromechanischen Bauelements gemäß Patentanspruch 21 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß zur Herstellung wirklich preisgünstiger elektromechanischer Bauelemente von der etablierten Siliziumtechnologie

weggerückt werden muß. Erfindungsgemäß wird als Ausgangsmaterial ein Polymerwerkstoff verwendet, der beispielsweise unter Verwendung der ebenfalls gut etablierten Spritzgußtechnik und/oder Prägetechnik in nahezu beliebige Formen und Strukturen verarbeitet werden kann. Polymermaterialien sind im allgemeinen ebenfalls sehr preisgünstig. Der entscheidende Vorteil liegt jedoch in der Herstellungstechnik. Die maschinellen Anlagen zur Durchführung der Polymerverarbeitung sind wesentlich weniger aufwendig und damit wesentlich preisgünstiger als die entsprechenden maschinellen Anlagen für die Silizium-Technologie. Polymermaterialien haben ebenfalls je nach Zusammensetzung elastische Eigenschaften, die dazu verwendet werden können, um Federbalken mit definierten Auslenkungseigenschaften herzustellen.

Problematisch an Polymermaterialien ist jedoch, daß solche Kunststoffe Fließeigenschaften haben, die zu bedeutenden Problemen bezüglich der Langzeitstabilität führen, wenn keine Vorkehrungen getroffen werden. Erfindungsgemäß wird dieses Problem dadurch gelöst, daß mechanisch aktive Teile des Polymerkörpers, den das elektromechanische Bauelement aufweist, mit einer Metallschicht versehen werden. Dadurch entsteht ein Kunststoff-Metall-Verbundsystem, das ähnlich gute Eigenschaften erreichen kann, wie ein Bauteil, das vollständig aus Metall oder Silizium ist. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die äußeren Metalloberflächen die mechanischen Parameter, wie beispielsweise die Steifigkeit bzw. das Flächenträgheitsmoment, stärker beeinflussen als der Kunststoffkern. Als Metallschicht selbst kann beispielsweise Gold verwendet werden. Zur weiteren Kostenreduktion kann jedoch auch eine Metallschicht aus Nickel, Kupfer etc. eingesetzt werden. Mechanisch aktive Teile sind bei dem beschriebenen Beschleunigungssensor die Federbalken, über die die seismische Masse an dem festen Rahmen aufgehängt ist. Im Falle von elektromechanischen Bauelementen, die Membranen aufweisen, umfaßt der mechanisch aktive Teil auch die Membran, die elastisch verformbar ist und ohne Metallschicht aufgrund der Fließeigenschaften des Kunststoffmaterials eine

zu geringe Langzeitstabilität hätte.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel besteht das elektromechanische Bauelement aus einem Zwei-Komponenten-Polymerkörper, der einen ersten Teil aus einem ersten Polymermaterial aufweist, das naßchemisch metallisierbar ist, ~~und der einen zweiten Teil aus einem zweiten Polymermaterial aufweist, das naßchemisch nicht metallisierbar ist.~~ So ist es möglich, durch ein Zwei-Schuß-Spritzgußverfahren die nötigen Metallisierungen zu definieren, d. h. die Metallisierung der mechanisch aktiven Teile zur Verbesserung der mechanischen Stabilität derselben, jedoch auch die Metallisierungen, die zur Umsetzung des mechanischen Effekts in ein elektrisches Signal nötig sind, wie z. B. Fingerstrukturen, Kondensatorplatten, aber auch die erforderlichen Leiterbahnen des elektromechanischen Bauelements zu einem internen elektronischen Schaltkreis, der hybrid in den Polymerkörper eingesetzt wird bzw. auf dem Polymerkörper befestigt wird, oder zu einem äußeren Stecker.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die außerordentliche Kostenreduktion gegenüber Silizium-Technologie hergestellten elektromechanischen Bauelementen.

Die minimalen Strukturgrößen, die derzeit durch die Kunststoffverarbeitung erreicht werden können, liegen zumindest heute noch deutlich über denen der Silizium-Mikromechanik. Dadurch werden vor allem die Abmessungen der Federn und die Abstände zwischen Kondensatorelektroden beeinträchtigt. Um das elektrische Rauschen des Sensorsystems zu minimieren, muß eine Mindestkapazität erreicht werden, was bei der Siliziumtechnologie über sehr geringe Elektrodenabstände erreicht werden muß. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren muß dies jedoch nicht über eine immer weitere Miniaturisierung mit ihren entsprechenden Problemen erkaufte werden, sondern durch eine Erhöhung der Baugrößen, da wesentlich kostengünstigere Werkstoffe als Silizium zum Einsatz kommen, und da das bevorzugte Spritzgießverfahren keine wesentlichen Be-

grenzungen für die Höhe von beispielsweise schwingenden Massen aufweist, was jedoch bei der Verwendung von Polysilizium sehr wohl der Fall ist.

Andererseits hat die Ur- bzw. Abformtechnik mit polymeren Werkstoffen bekanntermaßen auch das Potential, um auch Strukturen im Mikrometerbereich herstellen zu können. Dazu wird es bevorzugt, das Spritzgießverfahren mit einem Spritzprägeverfahren zu kombinieren, oder auch mit dem bekannten Heißprägeverfahren.

Die größere Bauform und Baugröße des erfindungsgemäßen elektromechanischen Bauelements bringt den Vorteil mit sich, daß die Empfindlichkeit für Partikel und Verunreinigungen nicht so groß ist. Darüber hinaus kann zur Erhöhung der Robustheit die gesamte metallisierte Oberfläche mit einer dichten dünnen Goldschicht überzogen werden, um auch die Feuchte- und Umweltempfindlichkeit des Sensorsystems zu verbessern, so daß die Anforderungen an eine Verkapselung deutlich geringer werden als bei Silizium-Bauelementen.

Vorzugsweise wird als Verfahren zum Bilden der Metallschichten das Verfahren der außenstromlosen chemischen Metallisierung eingesetzt. Dieses Verfahren kann günstigerweise mit dem Verfahren der galvanischen Verstärkung der Metallschichten kombiniert werden, wodurch durch Steuern der Metalldicke beim galvanischen Verstärken sowohl der Elektrodenabstand für Elektrodenstrukturen als auch die Eigenfrequenz des Sensorelements genau gesteuert und für den bestimmten Anwendungsbereich optimiert werden können. Das erfindungsgemäße Verfahren liefert auch das Potential, die Masse der beweglichen trägen Struktur am Beispiel des Beschleunigungssensors bzw. die Masse und auch das Elastizitätsmodul einer Membran im Falle von Mikroventilen bzw. Mikropumpen durch Steuern der Menge des Metalls, das aufgewachsen wird, sehr genau festzulegen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die seismische Masse bei Inertialsensoren durch das Umspritzen eines eingelegten Metallkörpers zu erhöhen.

Schließlich wird die gesamte Palette der Kunststoffspritzgußtechnik, beispielsweise die Verwendung von Ausrichtungsstiften/Löchern, von Schnappverbindungen zum unlösbaren Verbinden oder von angespritzten Dichtungen und/oder extern eingesetzten Dichtungen eröffnet, die im Vergleich zur Siliziumtechnologie ~~extrem preisgünstig sind~~ und nahezu den gleichen Effekt erreichen können.

Schließlich umfaßt der Herstellungsprozeß im Vergleich zur Siliziumtechnologie eine geringe Anzahl von Schritten, wodurch der Ausschuß während der Produktion und damit auch die Kosten gering gehalten werden können.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Draufsicht des elektromechanischen Bauelements gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 eine schematische Seitenansicht des elektromechanischen Bauelements mit Gehäuseboden und Gehäusedeckel gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 3 eine Seitenansicht des elektromechanischen Bauelements in Kombination mit einem SMD-Bauelement zur elektrischen Ansteuerung und/oder Auswertung;
- Fig. 4 eine Seitenansicht des elektromechanischen Bauelements mit Federkontakten zur Kontaktierung eines elektronischen Schaltkreises;
- Fig. 5 eine Seitenansicht des elektromechanischen Bauelements mit einer Feder und Kontakthügeln zur Kontaktierung eines elektronischen Schaltkreises; und

Fig. 6 eine Seitenansicht des elektromechanischen Bauelements mit Kleber-Kontakthügeln zur Kontaktierung eines elektronischen Schaltkreises.

Fig. 1 zeigt ein elektromechanisches Bauelement, das allgemein mit dem Bezugszeichen 10 gekennzeichnet ist. Das elektromechanische Bauelement 10 weist einen Polymerkörper 12 auf, der einen mechanisch aktiven Teil hat, der die beiden Federbalken 14a, 14b sowie eine seismische Masse 14c aufweist. Das elektromechanische Bauelement 10, das in Fig. 1 gezeigt ist, ist ein Sensor zur Messung einer mechanischen Beschleunigung. Beispielfhaft wurde bei dem in Fig. 1 gezeigten Beschleunigungssensor das kapazitive Erfassungsprinzip eingesetzt, das eine Elektrodenstruktur mit einer ersten Elektrodengruppe 16a, die an einem feststehenden Rahmen 18 angebracht sind, sowie eine zweite Elektrodengruppe 16b umfaßt, die Finger aufweist, die an der seismischen Masse 14c befestigt sind. Das elektromechanische Bauelement 10, das in Fig. 1 als Beschleunigungssensor dargestellt ist, umfaßt ferner irgendeinen elektronischen Schaltkreis (Chip) 20 sowie einen Anschlußstecker 22, der ebenfalls ein Teil des Polymerkörpers 12 ist, d. h. der Anschlußstecker 22 und der feste Rahmen sowie der mechanisch aktive Teil sind alle aus Polymermaterial gebildet. Zur Ansteuerung bzw. Auslesung der Elektrodenstruktur 16a, 16b umfaßt das elektromechanische Bauelement ferner Leiterbahnen 24a bis 24c, die sowohl die bewegliche Masse als auch die beiden ersten Elektrodengruppen 16a der Fingerstrukturen über Bonddrähte 26 mit dem Chip bzw. mit entsprechenden Anschlußflächen des Chips verbinden. Darüber hinaus umfaßt das elektromechanische Bauelement 10 weitere Leiterbahnen 28a bis 28d, die einerseits ebenfalls über Bonddrähte mit dem Chip 20 verbunden sind, und die andererseits in breitere Enden übergehen, um mit dem Polymerkörper 12 einen Anschlußstecker, der beim in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel vier Kontakte hat, zu bilden.

Wenn das elektromechanische Bauelement 10 einer linearen Beschleunigung unterzogen wird, so wird die seismische (träge)

Masse 14c bezüglich des festen Rahmens 18 ausgelenkt, was zu einer elastischen Verformung der Federbalken 14a, 14b führt. Die Verschiebung der Masse 14c führt zu einer veränderten Kapazität, die unter Verwendung der ersten und zweiten Fingergruppen 16a, 16b erfaßt werden kann und in dem IC 20 bereits "an Ort und Stelle" verarbeitet werden kann, um über den Steckerbereich 22 ausgegeben zu werden.

Wie es bereits erwähnt worden ist, würde die Langzeitstabilität eines solchen elektromechanischen Bauelements nicht besonders groß sein, da Polymermaterialien üblicherweise ein Fließverhalten über der Zeit haben. Anders ausgedrückt führt eine ständige Verformung der beiden Federbalken 14a, 14b mit der Zeit dazu, daß neben der elastischen Verformung auch eine plastische Verformung auftritt, wodurch der Sensor mit der Zeit Empfindlichkeit verlieren und schließlich unbrauchbar werden würde. Erfindungsgemäß wird dieses Problem dadurch gelöst, daß eine Metallschicht 30 vorgesehen wird, die den mechanisch aktiven Teil zur mechanischen Stabilisierung desselben zumindest teilweise bedeckt. Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt der mechanisch aktive Teil zum einen die Federn 14a, 14b als auch die seismische Masse 14c. Zur erfindungsgemäßen Stabilisierung, um eine gute Langzeitstabilität zu erreichen und somit überhaupt den Einsatz von Polymermaterialien für solche elektromechanischen Bauelemente zu ermöglichen, werden die Federbalken mit der Metallschicht versehen. Es ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, aus mechanischen Stabilisierungsgründen auch die seismische Masse 14c zu metallisieren. Dies wird jedoch im vorliegenden Fall aufgrund des kapazitiven Erfassungsprinzips getan. Wenn kein kapazitives Erfassungsprinzip, sondern irgendein anderes Erfassungsprinzip verwendet wird, das keine Kontaktierung der beweglichen Masse 14c erfordert, so müßten lediglich die Federbalken 14a, 14b metallisiert werden, um ihre mechanischen Eigenschaften entscheidend zu verbessern.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht

darin, daß die metallischen Schichten zur Stabilisierung, die vorzugsweise so ausgeführt werden, daß sie die Balken nicht nur teilweise, sondern vollständig umgeben, auch gleichzeitig zur Leitung von elektrischen Signalen dienen können. Hiermit wird auch die Resonanzfrequenz des Systems erhöht, was beispielsweise bei Beschleunigungssensoren wichtig ist.

Prinzipiell könnte der Polymerkörper 12 aus nur einem Polymermaterial bestehen, wobei die Strukturierung der kapazitiven Erfassungselektroden und auch der Federbalken beispielsweise unter Verwendung eines Ein-Schuß-Spritzgußverfahrens durchgeführt werden würde, um danach unter Verwendung einer Schattenmaske die in Fig. 1 gezeigte Metallisierungsstruktur, d. h. die Metallschichten auf dem mechanisch aktiven Teil zur Stabilisierung und die weiteren Metallschichten, um die Leiterbahnen zu bilden, beispielsweise durch Aufdampfen herzustellen.

Es wird jedoch bevorzugt, ein Zwei-Schuß-Spritzgußverfahren einzusetzen, bei dem in einem ersten Schuß die Bereiche, die später metallisiert werden sollen, unter Verwendung eines naßchemisch metallisierbaren Polymermaterials hergestellt werden, um dann in einem zweiten Schuß um das Ergebnis des ersten Schusses herum den festen Rahmen zu spritzen. Diese Zwei-Komponenten-Spritzgußtechnologie hat den Vorteil, daß sich die Strukturierung der Metallisierung gewissermaßen von selbst ergibt, wenn das Ergebnis des zweiten Schusses naßchemisch metallisiert wird, da nur auf den Oberflächen, die aus dem ersten Polymerwerkstoff bestehen, der metallisierbar ist, eine Metallschicht gebildet wird, während auf den anderen Oberflächen, die aus dem zweiten Polymermaterial bestehen, das nicht naßchemisch metallisierbar ist, keine Metallablagerung stattfindet.

Der metallisierte Teil des Polymerkörpers haftet an dem nicht-metallisierten Teil per se aufgrund des Spritzgußverfahrens. Um jedoch die Verbindungen zu verbessern, da ja

unter Umständen zumindest im Bereich der Federn mechanische Kräfte wirken, werden vorzugsweise formschlüssige Verankerungen 32 vorgesehen, die dazu führen, daß die beiden Polymerteile aus den unterschiedlichen Polymermaterialien nicht nur aneinander haften, sondern auch formschlüssig mechanisch miteinander verbunden sind. Hierzu bieten sich beliebig gestaltete Verankerungsstrukturen an, die mit dem Herstellungsverfahren in zumindest zwei Stufen kompatibel sind.

Wie es in Fig. 1 gezeigt ist, muß der IC 20 nicht als gehäuseter Chip vorliegen, sondern derselbe kann auch als Nackt-Chip mit entsprechenden Anschlußflächen vorgesehen sein, die über die Bonddrähte 26 kontaktierbar sind.

Im nachfolgenden wird näher auf das bevorzugte Herstellungsverfahren unter Verwendung der zwei verschiedenen Polymermaterialien für die beiden Spritzguß-Schüsse eingegangen. Die Federn 14a, 14b, die seismische Masse 14c, die Elektroden 16a, 16b sowie die Leiterbahnbereiche 24a bis 24c einerseits als auch die Leiterbahnbereiche 28a bis 28d andererseits, die sich in den Steckerbereich 22 erstrecken, werden mit dem ersten Schuß aus einem geeigneten metallisierbaren ersten Polymerwerkstoff, beispielsweise aus Pd-dotiertem LCP (LCP = Liquid Crystal Polymer, z. B. Vectra E 820 i der Firma Hoechst) oder Polyamid (PA) 66 hergestellt. Dagegen werden der restliche Teil des festen Rahmens, die Isolationsgebiete und weitere Merkmale, wie z. B. Schnappverbinder, auf die bezugnehmend auf Fig. 2 eingegangen wird, mit dem zweiten Schuß aus dem zweiten Polymerwerkstoff hergestellt, der in dem dann einzusetzenden Metallisierungsprozeß kein Metall annimmt. Ein solcher Werkstoff ist beispielsweise undotiertes LCP oder PA 66 etc. Für die Werkzeuggestaltung kann es jedoch unter Umständen auch vorteilhaft sein, die Reihenfolge beim Spritzgießprozeß umzukehren, d. h. zunächst die nicht zu metallisierenden Strukturen zu spritzen und dann die zu metallisierenden Strukturen.

Die Zwei-Komponenten-Spritzlinge werden anschließend in einer naßchemischen Prozeßfolge so behandelt, daß sich an der Oberfläche des ersten Polymerwerkstoffs eine Metallschicht autokatalytisch abscheidet. Die wichtigsten Arbeitsschritte bestehen dabei aus der Reinigung der Spritzlinge, der Temperung der Spritzlinge und der Sensibilisierung der Oberfläche derselben durch eine Oberflächenreaktion, wie z. B. ein Anätzen der Oberfläche oder Aufquellen und Bekeimen der Oberfläche mit Pd-Keimen.

Anschließend werden die Spritzlinge im autokatalytischen Bad mit Metall beschichtet. Als Schichten kommen Kupfer oder Nickel als Startschicht, Leiterschicht und Schicht zur mechanischen Stabilisierung sowie Gold als löt- und drahtbondbare Oberflächenschutzschicht in Frage. Typische Metallschichtdicken liegen hierbei in der Größenordnung von 30 μm , wobei jedoch Schichtspannungen bzw. die Schichthaftung auf dem Polymerwerkstoff und insbesondere natürlich die Abscheidedauer die Dicke begrenzen.

Daher wird es bevorzugt, die Schichtdicke vor der Vergoldung durch eine galvanische Schicht, z. B. Nickel, zu verstärken. Während sich außenstromlos abgeschiedene Metallschichten durch eine sehr hohe Konformität der Schichten auszeichnen, neigen galvanische Schichten bei feinen Strukturdetails zu stark inhomogenen Schichtdicken, die sich negativ auf die Geometrie der Bauelemente, insbesondere aber auf die Abstände zwischen den Elektroden oder auf die Federn und ihre elastischen Eigenschaften auswirken können.

Aufgrund der Symmetrie der Struktur können bei einem bevorzugten Herstellungsverfahren der vorliegenden Erfindung die feststehenden metallisierten Gebiete in Form der Elektroden 16a als Hilfselektroden genutzt werden, um über das Anlegen eines geeigneten Potentials eine homogenere Abscheidung auf den Federbalken und auch auf der seismischen Masse zu erreichen. Dabei scheidet sich auf der Hilfselektrode kein Metall ab. Für die galvanische Abscheidung ist eine elektri-

sche Kontaktierung der Gebiete erforderlich. Beim Anlegen der Spannung kommt es zu einer anziehenden Kraft auf die Sensorstruktur, die jedoch aufgrund der Symmetrie der Struktur insgesamt kompensiert wird.

Um jedoch sicher zu verhindern, daß sich die erste Elektrodengruppe 16a und die zweite Elektrodengruppe 16b beim Anlegen einer elektrischen Spannung dennoch berühren, bzw. für unsymmetrische Strukturen, bei denen sich die Anziehungskräfte nicht aufheben, kann eine Hilfsverbindung 34 aus dem ersten oder dem zweiten Polymermaterial eingesetzt werden. Die Hilfsverbindung wird dann, nach Vollendung des Metallisierungsprozesses, wenn keine Potentialdifferenz mehr an die Kammstruktur angelegt wird, entfernt, z. B. durch Ausstanzen.

Ein weiterer Parameter, der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem der Polymerkörper aus zwei Polymerwerkstoffen besteht, berücksichtigt werden muß, ist die Verbundfestigkeit zwischen den verschiedenen Polymerwerkstoffen. Wenn zwei LCP-Werkstoffe im Zweikomponenten-Spritzgießverfahren ohne weitere Maßnahmen verbunden werden, entsteht eine u. U. zu geringe Haftfestigkeit. Um die Haftfestigkeit zwischen den Gebieten aus unterschiedlichem Polymermaterial zu verbessern, werden daher die bereits beschriebenen Verankerungen 32 eingesetzt, die insbesondere vorteilhafterweise dort platziert werden, wo die höchsten mechanischen Belastungen auftreten, also u. a. im Bereich der Verbindungen der Federn mit dem festen Rahmen.

Nach der Herstellung und Metallisierung des Kunststoffspritzlings wird das elektromechanische Bauelement mit dem elektronischen Schaltkreis 20 bestückt. Zur elektrischen Kontaktierung können verschiedene Maßnahmen eingesetzt werden, auf die in den weiteren Figuren im einzelnen eingegangen wird.

Fig. 2 zeigt eine Seitenansicht des elektromechanischen Bau-

elements 10, wobei, wie in Fig. 1, Bondverbindungen über Bonddrähte 26 zum Kontaktieren des Chips 20 verwendet wurden. Zur Erhöhung der Robustheit wird über den Bereich, in dem sich der Chip 20 und die Bonddrähte 26 befinden, eine Vergußmasse 36 aufgebracht. Fig. 2 zeigt ferner die Ausgestaltung der externen Leiterbahnen am Beispiel der Leiterbahn 28d im Steckerbereich, die so gebildet ist, daß sie sich um den Steckerbereich 22 herum erstreckt. In Fig. 2 ist ferner gezeigt, daß das elektromechanische Bauelement unter Verwendung eines Gehäusebodens 40 und eines Gehäusedeckels 42 eingekapselt wird, um es vor äußeren Einflüssen zu schützen. Zur Verbindung des Polymerkörpers 12 mit sowohl dem Gehäuseboden 40 als auch dem Gehäusedeckel 42 sind auf dem Gebiet der Kunststofftechnik bekannte Schnappverbindungen mit einem entsprechenden ersten Schnapphaken an der einen Komponente und einem entsprechenden zusammenpassenden Schnapphaken an der anderen Komponente vorgesehen, die allgemein durch das Bezugszeichen 44 gekennzeichnet sind. Zur Ausrichtung der beiden Komponenten sind ferner Ausrichtungsstifte 46 an sowohl dem Gehäuseboden 40 als auch dem Gehäusedeckel 42 vorgesehen, die in entsprechende Ausrichtungslöcher 48 einführbar sind. Zur Abdichtung des mechanisch aktiven Teils sind ferner umlaufende Dichtungen sowohl an dem Gehäusedeckel als auch an dem Gehäuseboden, die mit dem Bezugszeichen 50 bezeichnet sind, vorgesehen. Diese Dichtungen können entweder unter Verwendung von Gummiringen realisiert werden, oder aber auch durch an Gehäusedeckel und Gehäuseboden angespritzte Dichtungskanten. Vorzugsweise bestehen nämlich sowohl Gehäuseboden als auch Gehäusedeckel ebenfalls aus dem Polymermaterial, und im Falle des Zweikomponenten-Ausführungsbeispiels zumindest teilweise aus dem Polymermaterial, das metallisierbar ist, um eine Metallisierung sowohl an der Außenseite des Gehäusebodens als auch an der Außenseite des Gehäusedeckels, die mit dem Bezugszeichen 52 gekennzeichnet ist, zu erreichen, um eine elektromagnetische Abschirmung sicherzustellen, wodurch sowohl das Rauschen als auch die Empfindlichkeit des gesamten elektromechanischen Bauelements verbessert werden können.

Als Alternative zu der Verbindung des Polymerkörpers mit dem Gehäusedeckel 42 bzw. mit dem Gehäuseboden 40 unter Verwendung der Schnappverbinder 44 kann auch ein geeigneter Klebstoff oder ein Schweißverfahren eingesetzt werden. Geeignete Schweißverfahren sind das Ultraschallschweißen oder das Laserschweißen, ~~insbesondere mit Diodenlasern. Wie es be-~~ bereits erwähnt worden ist, kann zur Vereinfachung des Zusammenfügeprozesses die Anordnung aus Führungsstiften 46 und Führungslöchern 48 zur Justierung von Gehäusedeckel 42 und Gehäuseboden 40 verwendet werden.

Als Alternative zu der Konstruktion des elektromechanischen Bauelements unter Verwendung des Polymerkörpers, des Gehäusebodens 40 und des Gehäusedeckels 42, d. h. zur Konstruktion des elektromechanischen Bauelements aus drei Komponenten, wird bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel das Sensorelement von nur einer Seite aus mit einem Gehäusedeckel verschlossen, während die andere Seite bereits beim Herstellungsprozeß des Polymerkörpers verschlossen wird. In anderen Worten ausgedrückt wird bei dem Bilden des Polymerkörpers gleichzeitig auch der Gehäuseboden gebildet, was durch eine geeignete Gußform ohne weiteres erreicht werden kann.

Der Gehäusedeckel muß jedoch so gestaltet sein, daß er nachträglich aufgesetzt werden kann, um das elektromechanische Bauelement mit dem Chip 20 zu bestücken. Wenn jedoch auf einen bereits in dem elektromechanischen Bauelement eingebrachten Chip verzichtet wird, d. h. wenn die Anschlußflächen der Leiterbahnen 24a bis 24c (Fig. 1) bis zum Steckerbereich 22 "herausgezogen" werden, ist es prinzipiell auch möglich, das gesamte elektromechanische Bauelement unter Verwendung einer geeigneten Gußform in einem Zug zu bilden, da im Falle der Verwendung des naßchemischen Metallisierungsverfahrens im katalytischen Bad im Gegensatz zu den bekannten Siliziumtechnologien die zu metallisierenden Oberflächen nicht von oben zugänglich sein müssen, da das autokatalytische Bad in die Hohlräume eintritt und überall dort

zur Metallabscheidung führt, wo als Polymermaterial das Material vorhanden ist, auf dem Metall unter Verwendung des naßchemischen Verfahrens aufgebracht werden kann.

Um eine höhere geometrische Genauigkeit der mechanisch aktiven Teile des Polymerkörpers, d. h. der Federbalken 14a, 14b und der beweglichen Masse 14c im Falle des Beschleunigungssensors, zu schaffen, kann statt des Spritzgußverfahrens auch ein Spritzprägeverfahren oder ein Heißprägeverfahren verwendet werden, um die dann erhaltenen Prägeteile zu umspritzen, um den fertigen Polymerkörper zu bilden, bei dem nun jedoch der mechanisch aktive Teil und im Falle der Verwendung einer kapazitiven Auswertung auch die zweite Elektrodengruppe, d. h. die an dem Rahmen 18 angebrachten festen Finger, eine noch genauer definierte geometrische Form haben. Sowohl das Spritzprägeverfahren als auch das Heißprägeverfahren erlauben eine sehr hohe Strukturfeinheit und besonders einen geringen Bauteilverzug, der aufgrund von Ausrichtungseffekten der Polymere auftreten kann, wenn lediglich ein Spritzgußverfahren eingesetzt wird.

Um Probleme aufgrund des Stickings bzw. der Adhäsion zwischen mechanisch aktivem Teil und Rahmen während der Herstellung aber auch während des Betriebs zu vermeiden, wird es bevorzugt, Ausnehmungen am mechanisch aktiven Teil oder am Rahmen zu formen, um Abstandshalter zu definieren, die ein Aneinanderhaften des mechanisch aktiven Teils und des Rahmens bei Bewegung und Berührung verhindern.

In den nachfolgenden Fig. 3 bis 6 werden weitere Möglichkeiten zum Kontaktieren des Chips 20 an dem metallisierten Polymerkörper 12 beschrieben. Wie es in Fig. 3 gezeigt ist, muß der Chip 20 nicht unbedingt als sogenannter Nackt-Chip vorliegen, sondern er kann auch in Form eines SMD-Bauelements (SMD = Surface Mount Device), d. h. einem gehäuteten und mit Anschlüssen 60 versehenen Bauelement, vorliegen, wobei die Anschlüsse 60 auf die Anschlußflächen der Leiterbahnen 24a bis 24c bzw. 28a bis 28d (Fig. 1) aufgesetzt und

dann entweder leitfähig verklebt oder aber bevorzugterweise mit den Anschlußflächen verlötet werden. Die Verwendung von einfach handhabbaren SMD-Bauelementen, die zugleich aufgrund der Massenproduktion in hohen Stückzahlen mit standardisierten Maßen vorliegen, ist aufgrund der im Vergleich zu Siliziumsensoren erreichbaren großen Höhe und Breite der elektromechanischen Bauelemente aus Polymer möglich. Das elektromechanische Bauelement selbst kann außer mit einem Steckeranschluß zur Kontaktierung auch als SMD-Bauelement ausgeführt sein.

Eine weitere günstige Variante der Kontaktierung des elektrischen Schaltkreises, der nun wieder als Nackt-Chip 20 vorliegt, ist in Fig. 4 gezeigt. Bei dieser Variante wird der Chip 20 nicht durch Löten, Kleben, Bonden und dergleichen kontaktiert, sondern lediglich durch Federkraft unter Verwendung metallisierter Federkontakte 62. Bei einem solchen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird, um eine einfachere Konstruktion der Federkontakte 62 zu erhalten, eine Vertiefung 64 in dem Polymerkörper 12 vorgesehen, die durch ein entsprechendes Spritzgießwerkzeug ohne weiteres erhalten werden kann. Vorzugsweise wird die Vertiefung so dimensioniert, daß, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, die Oberfläche des Chips 20 mit der Oberfläche des Polymerkörpers 12 im wesentlichen bündig ist. Anschließend wird der Chip in die Vertiefung gelegt und, wenn es nötig ist, leicht angeheftet, daß er beim Aufsetzen des Deckels 42 nicht verrutscht. Wenn der Deckel dann aufgesetzt wird und Deckel und Polymerkörper 12 zusammengedrückt werden, rasten irgendwann die Schnappverbinder 44 ein. Die Federkontakte 62 sind so dimensioniert, daß sie, wenn die Schnappverbindungen 44 einschnappen, einen Druck sowohl auf Anschlußflächen 66 des Chips 20 als auch auf entsprechende Anschlußflächen der zu kontaktierenden Leiterbahnen, z. B. 24a, 28d, ausüben, derart, daß eine einfache und vor allem lösbare Kontaktverbindung erreicht worden ist. Wie es in Fig. 4 durch die schraffierten Bereiche der Federkontakte 62 veranschaulicht ist, sind die unteren Abschnitte derselben metallisiert, damit

überhaupt erst ein elektrischer Kontakt zwischen Chip und Leiterbahn auftreten kann. Die metallisierten Federkontakte 62 können genauso wie die metallisierten Bereiche des Polymerkörpers 12 aus dem Polymermaterial gespritzt werden, das durch ein naßchemisches Verfahren metallisierbar ist. Im Falle der Verwendung nur eines einzigen Polymermaterials können die Federkontakte auch unter Verwendung einer Schattenmaske etc. leitend gemacht werden.

Eine weitere Alternative der Chipbefestigung ist in Fig. 5 dargestellt. Hier wird der Chip 20 bezüglich seiner Orientierung in Fig. 4 umgedreht, so daß die Anschlußflächen 66 des Nackt-Chips 20 bezugnehmend auf Fig. 5 nach unten gerichtet sind. Dieselben werden auf Kontakthügel 68 gelegt, woraufhin der Gehäusedeckel 42, der mit einer Andruckfeder 70 versehen ist, aufgesetzt und in Richtung des Polymerkörpers 12 gedrückt wird, bis die Schnappverbinder 44 einschnappen.

In Fig. 6 ist dagegen eine weitere Möglichkeit des Kontaktierens des Chips 20 gezeigt, wobei der Chip 20 hier mittels Kleber-Kontakthügeln 72 angeschlossen wird. Der Kleber, der die Kleber-Kontakthügel 72 bildet, muß selbstverständlich ein leitfähiger Kleber sein. Die Kleber-Kontakthügel können beispielsweise mit der Stempeltechnik, der Dispenstechnik oder mittels einer Schablonendrucktechnik auf dem Polymerkörper aufgebracht werden.

Der Chip 20 übernimmt bei den erfindungsgemäßen elektromechanischen Bauelementen vorzugsweise die bekannten elektronischen Funktionen für den Einsatz als Beschleunigungssensor, als Drehratensensor, als Mikroventil, als Mikropumpe, als Drucksensor als Kraftsensor. Funktionen können beispielsweise das Kapazitätsauslesen, Temperaturkompensationen und Selbsttestfunktionen sein.

Aus dem vorangegangenen ist ersichtlich, daß durch die geometrische Auslegung des aktiven Teils des elektromechani-

schen Bauelements, d. h. im Falle von Beschleunigungssensoren der Federn und der Masse, durch die Auswahl der Werkstoffe und durch die Optimierung der Metaldicken ähnliche Parameter wie bei bekannten Airbag-Sensoren aus Silizium erreicht werden können. Dies betrifft insbesondere die Grundkapazität, die Empfindlichkeit als Kapazitätsänderung mit anliegender Beschleunigung, die Eigenfrequenz und die Dämpfung. Aufgrund der ähnlichen Eigenschaften der erfindungsgemäßen elektromechanischen Bauelemente im Vergleich zu Siliziumsensoren können sogar elektronische Schaltkreise verwendet werden, die eigentlich für Silizium vorgesehen sind, oder zumindest Schaltkreise, die zu den bereits vorhandenen Schaltkreisen ähnlich sind. Es muß somit auf elektronischer Seite kein völlig neues Design mehr erfolgen.

Zusammenfassend weist ein erfindungsgemäßes elektromechanisches Bauelement somit bewegliche Elemente, integrierte Leiterbahnen und Gebiete mit metallisierten Oberflächen auf, wobei die elektromechanischen Bauelemente aus polymeren Werkstoffen vorzugsweise mit Hilfe der Zwei- oder Mehr-Komponenten-Spritzgießtechnik und stromloser chemischer Metallisierung hergestellt werden. Die wesentlichen Vorteile gegenüber elektromechanischen Bauelementen aus Silizium sind:

- drastisch reduzierte Kosten durch die einfache Herstellbarkeit;
- beliebige Formgebung der Polymerkörper zur Realisierung von Schnappverbindungen, Andruckfedern, Ausrichtungsstiften, Führungslöchern, Verankerungen, Dichtungen, ...;
- geringere Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen und Umgebungsbedingungen aufgrund der beliebig groß einstellbaren Bauelementgröße; und
- beliebige dreidimensionale Formung statt der für Silizium bekannten zweidimensionalen Oberflächenbearbeitung.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektromechanisches Bauelement (10) mit folgenden Merkmalen:

einem Polymerkörper (12), der einen mechanisch aktiven Teil (14a - 14c) und einen Rahmen (18) aufweist; und

einer Metallschicht (30), die den mechanisch aktiven Teil (14a - 14c) zur mechanischen Stabilisierung desselben zumindest teilweise bedeckt.

2. Elektromechanisches Bauelement (10) gemäß Anspruch 1, bei dem der mechanisch aktive Teil (14a - 14c) eine Feder (14a, 14b) aufweist, die den Rahmen (18) mit einer über eine Biegung der Feder (14a, 14b) beweglichen Masse (14c) verbindet; und

bei dem die Metallschicht (30) die Feder abgesehen von ihren Verbindungsstellen mit dem Rahmen (18) und der Masse (14c) vollständig umgibt.

3. Elektromechanisches Bauelement gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem ferner eine weitere Metallschicht (24a - 24c; 28a - 28d; 52) zum Leiten von elektrischen Signalen oder zur Abschirmung von elektromagnetischen Störungen auf einem mechanischen nicht-aktiven Bereich (18) des Polymerkörpers (12) vorgesehen ist.

4. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bereiche des Polymerkörpers (12), auf denen die Metallschicht (30) bzw. die weitere Metallschicht (24a - 24c, 28a - 28d, 52) vorgesehen ist, aus einem ersten Polymermaterial bestehen, das naßchemisch metallisierbar ist, und bei dem die anderen Bereiche, auf denen keine Metallschicht vorgesehen ist, aus einem zweiten Polymermaterial bestehen, das naßchemisch nicht metallisiert

wird.

5. Elektromechanisches Bauelement (10) gemäß Anspruch 4, bei dem der Polymerkörper (12) Verankerungseinrichtungen (32) aufweist, durch die zumindest der mechanisch aktive Teil (14a, 14b, 14c), der aus dem ersten Polymermaterial besteht, mit dem Teil des Polymerkörpers (12) im wesentlichen formschlüssig verbunden ist, der aus dem zweiten Polymermaterial besteht.

6. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 3 bis 5,

bei dem der Polymerkörper (12) eine Elektrodenstruktur aufweist, die eine erste Elektrodengruppe (16b) an der beweglichen Masse (14c) und eine zweite Elektrodengruppe (16a) an dem festen Rahmen (18) aufweist, wobei die erste Gruppe und die zweite Gruppe ineinandergreifend angeordnet sind, um als kapazitiver Sensor für eine Bewegung der Masse (14c) zu wirken,

wobei die weitere Metallschicht sowohl die erste Elektrodengruppe als auch die zweite Elektrodengruppe zumindest teilweise bedeckt, und wobei die weitere Metallschicht so ausgestaltet ist, daß die erste Elektrodengruppe von der zweiten Elektrodengruppe durch einen Bereich des Polymerkörpers, der keine Metallisierung aufweist, elektrisch isoliert ist.

7. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 3 bis 6, bei dem die weitere Metallschicht ferner einen Anschlußbereich aufweist, der voneinander elektrisch isolierte Kontaktflächen für einen elektronischen Schaltkreis (12), für einen Anschlußstecker und/oder einen SMD-/Lötanschluß umfaßt.

8. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Metallschicht (30) ei-

ne Sandwichstruktur verschiedener Metalle aufweist und/oder galvanisch verstärkt ist.

9. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das ferner folgende Merkmale aufweist:
-

einen Gehäuseboden (40) aus Polymer; und

einen Gehäusedeckel (42) aus Polymer,

wobei der Polymerkörper (12) zwischen dem Gehäusedeckel (42) und dem Gehäuseboden (40) angeordnet ist.

10. Elektromechanisches Bauelement gemäß Anspruch 9, bei dem der Polymerkörper (12), der Gehäusedeckel (42) und der Gehäuseboden (40) Schnappeinrichtungen (44) aufweisen, durch die der Polymerkörper (12), der Gehäusedeckel (42) und der Gehäuseboden (40) miteinander mechanisch und/oder elektrisch verbunden sind.
11. Elektromechanisches Bauelement gemäß Anspruch 9 oder 10, bei dem eine Ausrichtungseinrichtung (46, 48) am Gehäusedeckel (42), am Gehäuseboden (40) und am Polymerkörper vorgesehen ist, um den Polymerkörper (12) mit dem Gehäuseboden (40) und mit dem Gehäusedeckel (42) auszurichten.
12. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem eine Dichtungseinrichtung (50) aus Polymer, insbesondere eine angespritzte Dichtung, einstückig zum Gehäuseboden (40), Gehäusedeckel (42) und/oder Polymerkörper (12) oder ein separater Dichtungsring vorgesehen ist, um das elektromechanische Bauelement (10) einzukapseln.
13. Elektromechanisches Bauelement gemäß Anspruch 9, bei dem der Polymerkörper (12) und der Gehäuseboden (40)

einstückig ausgeführt sind.

14. Elektromechanisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 7 bis 13, das ferner folgendes Merkmal aufweist:

einen elektronischen Schaltkreis (20) zur Ansteuerung und/oder Auswertung des mechanisch aktiven Teils (14a - 14c), wobei der elektronische Schaltkreis mit den Kontaktflächen durch Bonddrähte (26), durch Lötmittel, durch leitfähigen Kleber (72) oder durch Federkraft betätigte Kontakte (70) elektrisch leitend verbunden ist.

15. Elektromechanisches Bauelement gemäß Anspruch 9, das ferner folgendes Merkmal aufweist:

einen elektronischen Schaltkreis (20) zur Ansteuerung und/oder Auswertung des mechanisch aktiven Teils, der mit den Kontaktflächen durch zumindest einen Federkontakt (62) elektrisch leitfähig verbunden ist, wobei der Federkontakt (62) einstückig mit dem Gehäusedeckel (42) oder dem Gehäuseboden ausgeführt ist und einen metallisierten Bereich aufweist, der sich von einem Anschlußbereich (66) des elektrischen Schaltkreises (20) zu einer Kontaktfläche auf dem Polymerkörper (12) erstreckt.

16. Elektromechanisches Bauelement gemäß Anspruch 15, bei dem der Polymerkörper (12) eine Ausnehmung (64) hat, in der der elektronische Schaltkreis (20) platziert ist.
17. Elektromechanisches Bauelement, das als Beschleunigungssensor, Drehratensensor, Mikroventil, Mikropumpe, Drucksensor oder Kraftsensor ausgeführt ist.
18. Elektromechanisches Bauelement (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zumindest eine

Polymermaterial aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Pd-dotiertes LCP, undotiertes LCP, Polyamid 6 und Polyamid 66 umfaßt, und bei dem die Metallschicht bzw. die weitere Metallschicht aus Kupfer, Nickel, Gold oder einer Kombination derselben besteht.

19. Elektromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der mechanisch aktive Teil des Polymerkörper einen in dem Polymermaterial eingelegten Metallkörper zur Erhöhung der Masse aufweist.
20. Elektromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der mechanisch aktive Teil des Polymerkörper Ausnehmungen aufweist, um Abstandhalter zu definieren, die ein Aneinanderhaften des mechanisch aktiven Teils an dem Rahmen bei Bewegung oder Berührung verhindern
21. Verfahren zum Herstellen eines elektromechanischen Bauelements (10) mit folgenden Schritten:

Bilden eines Polymerkörpers (12), der einen mechanisch aktiven Teil (14a - 14c) und einen Rahmen (18) aufweist; und

Bilden einer Metallschicht (30), die den mechanisch aktiven Teil (14a - 14c) zur mechanischen Stabilisierung desselben zumindest teilweise bedeckt.
22. Verfahren gemäß Anspruch 21, bei dem der Schritt des Bildens der Metallschicht (30) das Bedampfen unter Verwendung einer Schattenmaske aufweist.
23. Verfahren gemäß Anspruch 21, bei dem der Schritt des Bildens des Polymerkörpers folgende Schritte in beliebiger Reihenfolge aufweist:

Spritzgießen eines ersten Abschnitts des Polymerkör-

pers, der metallisiert werden soll, aus einem naßchemisch metallisierbaren ersten Polymermaterial;

Spritzgießen eines zweiten Abschnitts des Polymerkörpers (12), der nicht metallisiert werden soll, aus einem naßchemisch nicht-metallisierbaren zweiten Polymermaterial;

und bei dem der Schritt des Metallisierens folgenden Schritt aufweist:

naßchemisches Metallisieren, derart, daß lediglich Oberflächen des Polymerkörpers (12), die aus dem ersten Polymermaterial bestehen, eine Metallschicht (30, 24a - 24c, 28a - 28d) erhalten.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, bei dem der Schritt des Bildens der Metallschicht ferner folgenden Schritt aufweist:

galvanisches Verstärken der naßchemisch erzeugten Metallschicht.

25. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem das galvanische Verstärken folgende Schritte aufweist:

Fixieren des mechanisch aktiven Teils (14a - 14c) des Polymerkörpers (12) an dem Rahmen des Polymerkörpers (12) unter Verwendung einer Hilfsstruktur (34);

Anlegen eines Potentials an einen feststehenden Teil (16a) des Polymerkörpers (12);

Abscheiden eines Metalls auf den beweglichen Teil (14c) und den mechanisch aktiven Teil (14a, 14b); und

nach dem Schritt des galvanischen Verstärkens, Entfernen der Hilfsstruktur (34).

26. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 21 bis 25,

bei dem der Polymerkörper (12) derart gebildet wird, daß er Schnappverbindungen (44) aufweist;

bei dem ferner ein Polymerdeckel (42) und ein Polymergehäuseboden (40) spritzgegossen werden, die ebenfalls Schnappverbindungen (44) haben; und

bei dem der Polymerkörper, der Polymerdeckel und der Gehäuseboden (44) zusammengepreßt werden, bis die Schnappverbindungen eingerastet sind.

27. Verfahren gemäß Anspruch 26, bei dem der Polymerkörper (12) keine Schnappverbindungen hat, und bei dem der Polymerdeckel und der Gehäuseboden durch Ultraschallschweißen oder Laserschweißen miteinander verbunden werden.

28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 21 bis 25, bei dem im Schritt des Bildens des Polymerkörpers (12) gleichzeitig der Gehäuseboden (40) gebildet wird, so daß der Polymerkörper (12) und der Gehäuseboden (40) einstückig zueinander sind.

29. Verfahren gemäß Anspruch 21, bei dem der Schritt des Bildens folgende Schritte aufweist:

Spritzprägen oder Heißprägen eines Polymerausgangsstoffs, um ein Prägeelement zu erhalten, das den mechanisch aktiven Teil (14a - 14c) sowie geometrisch feine Strukturen des Rahmens aufweist; und

Umspritzen des Prägeelements durch Spritzgießen, um den Polymerkörper (12) zu erhalten.

30. Verfahren gemäß Anspruch 21, bei dem der Schritt des

Bildens folgende Schritte aufweist:

Spritzen eines Polymerausgangskörpers;

Spritzprägen oder Heißprägen des Polymerausgangskörpers, um den Polymerkörper zu erhalten, derart, daß ~~der mechanisch aktive Teil (14a - 14c) sowie geome-~~trisch feine Strukturen des Rahmens durch Spritzprägen oder Heißprägen definiert sind; und

Umspritzen des Prägeelements durch Spritzgießen, um den Polymerkörper (12) zu erhalten.

31. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 21 bis 30, das ferner folgenden Schritt aufweist:

Bestücken des elektromechanischen Bauelements (10) mit einer elektrischen Schaltung (20) durch Kleben unter Verwendung von leitfähigem Kleber (72), durch Drahtbonden (26), durch Löten (60) oder durch dauerndes Ausüben eines mechanischen Drucks (62, 70) auf die elektronische Schaltung (20), um sowohl eine mechanische als auch eine elektrische Verbindung zwischen dem Polymerkörper und der elektronischen Schaltung (20) sicherzustellen.

32. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 23 bis 31, bei dem vor dem Metallisieren folgende Schritte ausgeführt werden:

Reinigen des Polymerkörpers (12);

Tempern des Polymerkörpers (12); und

Sensibilisieren der Oberfläche des Polymerkörpers (12).

33. Verfahren gemäß Anspruch 32, bei dem der Schritt des

Sensibilisierens der Oberfläche durch eine Oberflächenreaktion bewirkt wird, die ein Anätzen der Oberfläche oder ein Aufquellen oder eine Plasmabehandlung und Bekeimen der Oberfläche mit geeigneten Keimen aufweist, um eine Metallisierung zu erreichen.

34. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 21 bis 33, bei dem der Schritt des Bildens des Polymerkörpers folgende Schritte aufweist:

Bereitstellen eines Metallkörpers;

Umspritzen des Metallkörpers, um den Polymerkörper (12) zu bilden, derart, daß der mechanisch aktive Teil des Polymerkörpers den Metallkörper umfaßt.

35. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 21 bis 34, bei dem durch die Metallschicht eine Elektrodenstruktur definiert ist, deren Kapazität durch Verstärken der Metallschichtdicke und die damit verbundene Änderung des Elektrodenabstands erhöht wird.

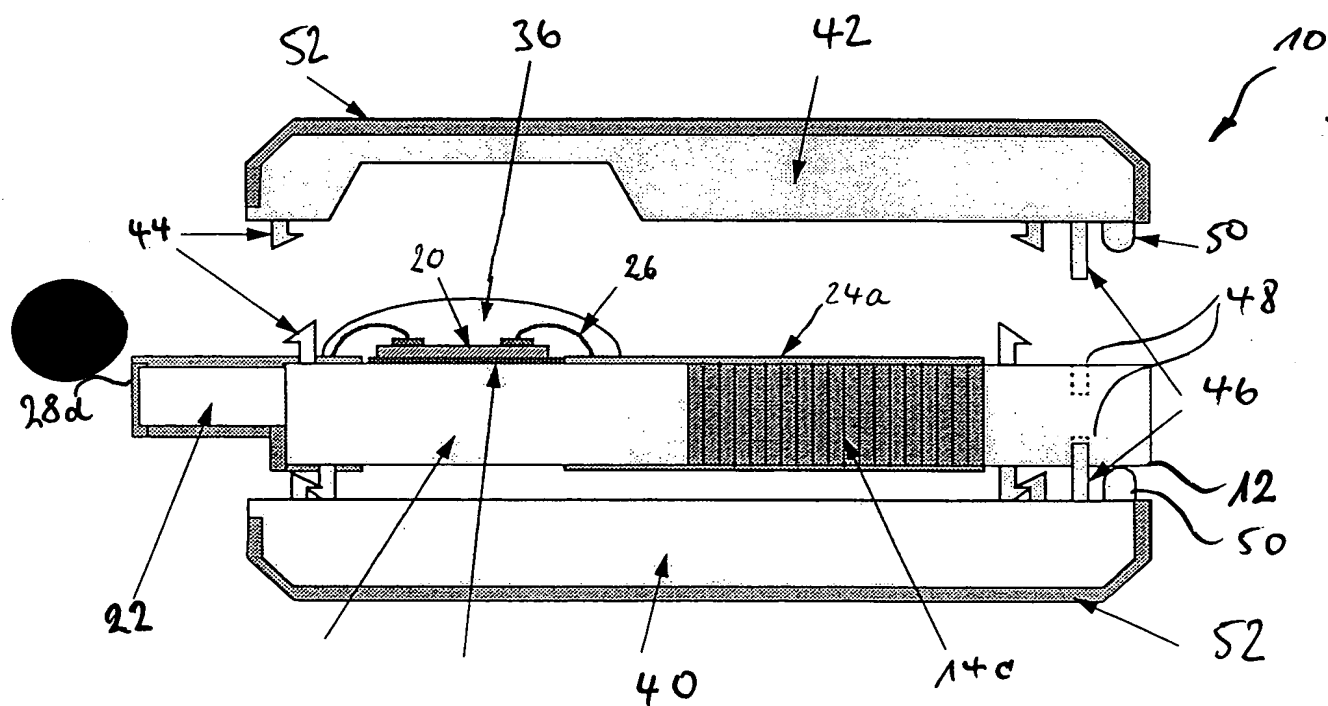
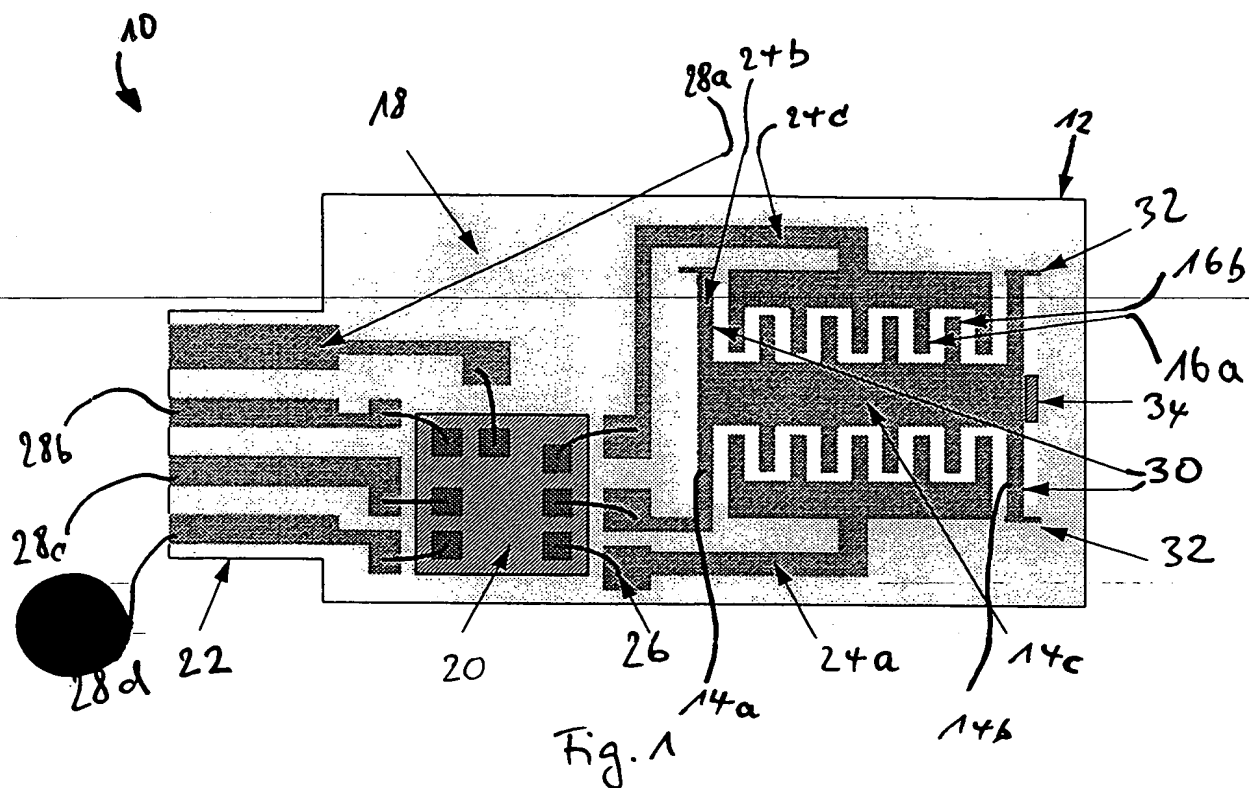
36. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 21 bis 35, bei dem der Schritt des Bildens des Polymerkörpers (12) folgenden Schritt aufweist:

Formen von Ausnehmungen am mechanisch aktiven Teil oder am Rahmen, um Abstandshalter zu definieren, die ein Aneinanderhaften des mechanisch aktiven Teils (14a - 14c) und des Rahmens (18) bei Bewegung und Berührung verhindern.

ELEKTROMECHANISCHES BAUELEMENT UND VERFAHREN
ZUR HERSTELLUNG DESSELBEN

ZUSAMMENFASSUNG

Ein elektromechanisches Bauelement besteht aus einem Polymerkörper, der einen mechanisch aktiven Teil und einen Rahmen aufweist, und aus einer Metallschicht, die den mechanisch aktiven Teil zur mechanischen Stabilisierung desselben zumindest teilweise bedeckt. Das elektromechanische Bauelement kann ein Beschleunigungssensor, ein Drehratensensoren, ein Mikroventil, eine Mikropumpe, ein Drucksensor oder ein Kraftsensor sein. Das elektromechanische Bauelement verursacht bei seiner Herstellung im Gegensatz zu elektromechanischen Bauelementen, die durch eine Silizium-Technologie hergestellt werden, drastisch reduzierte Kosten, da zur Herstellung statt der aufwendigen Silizium-Technologie einfache Spritzguß- und/oder Prägeverfahren eingesetzt werden können.



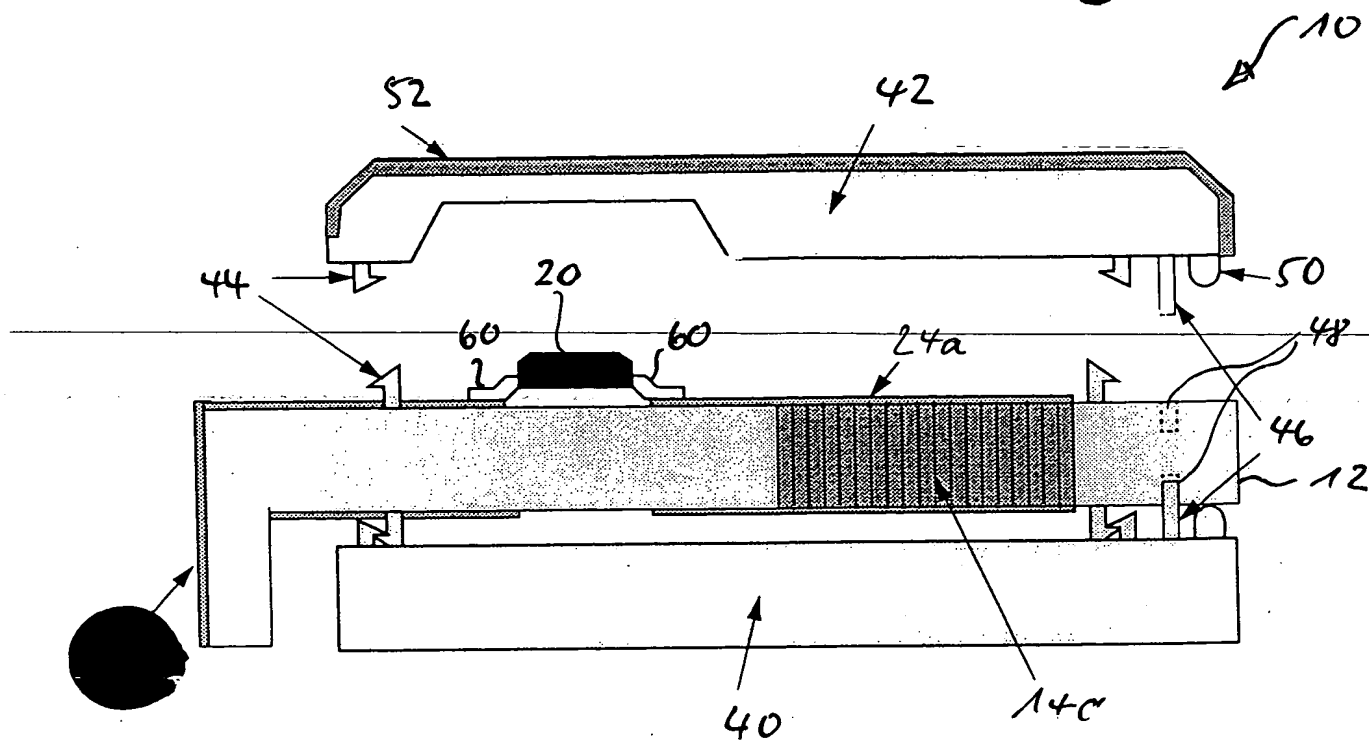


Fig. 3

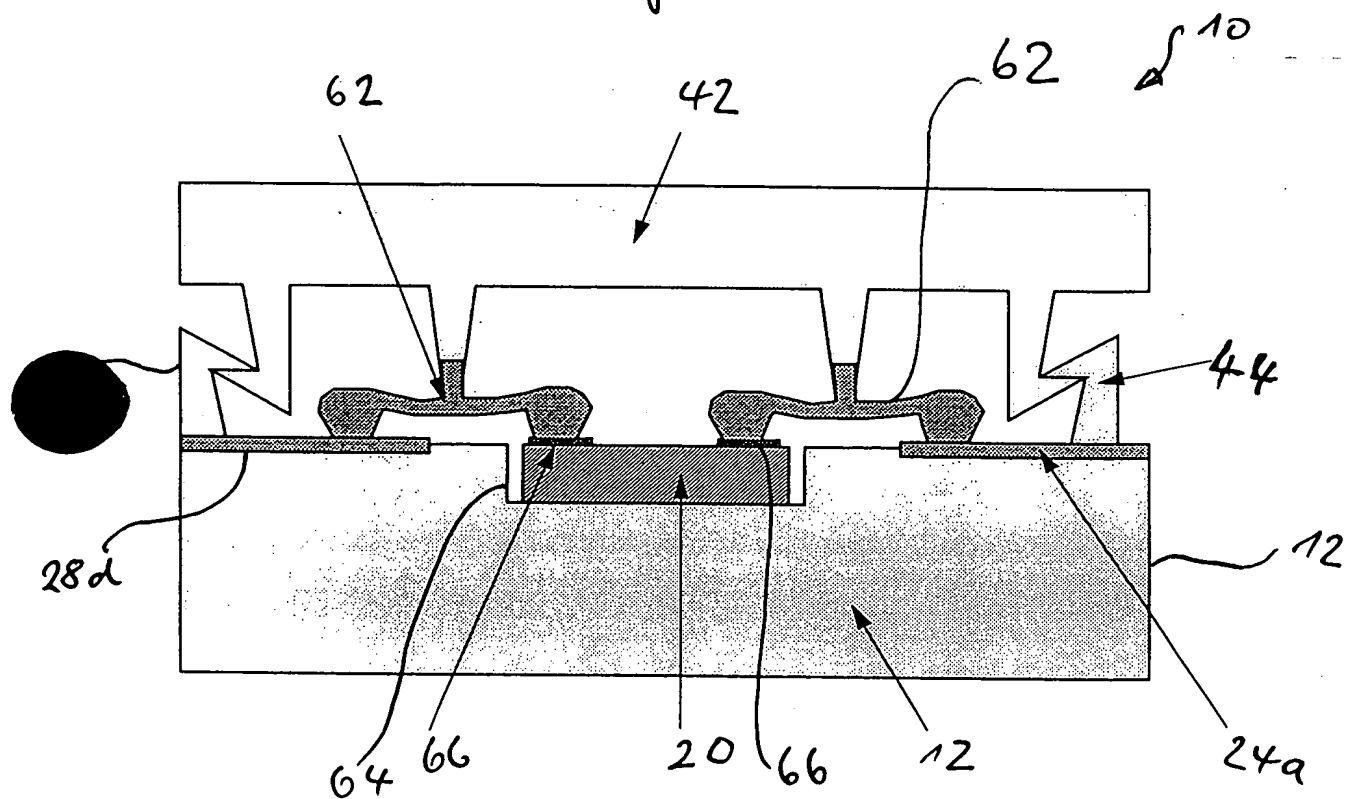


Fig. 4

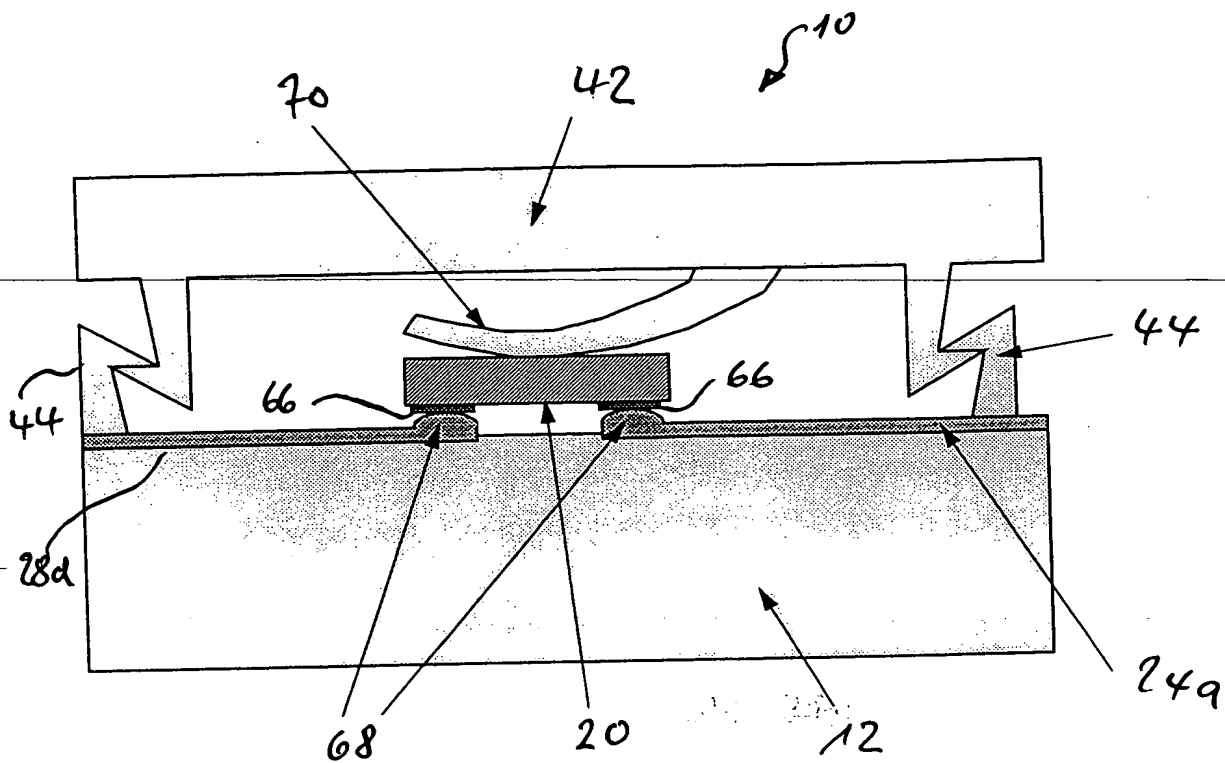


Fig. 5

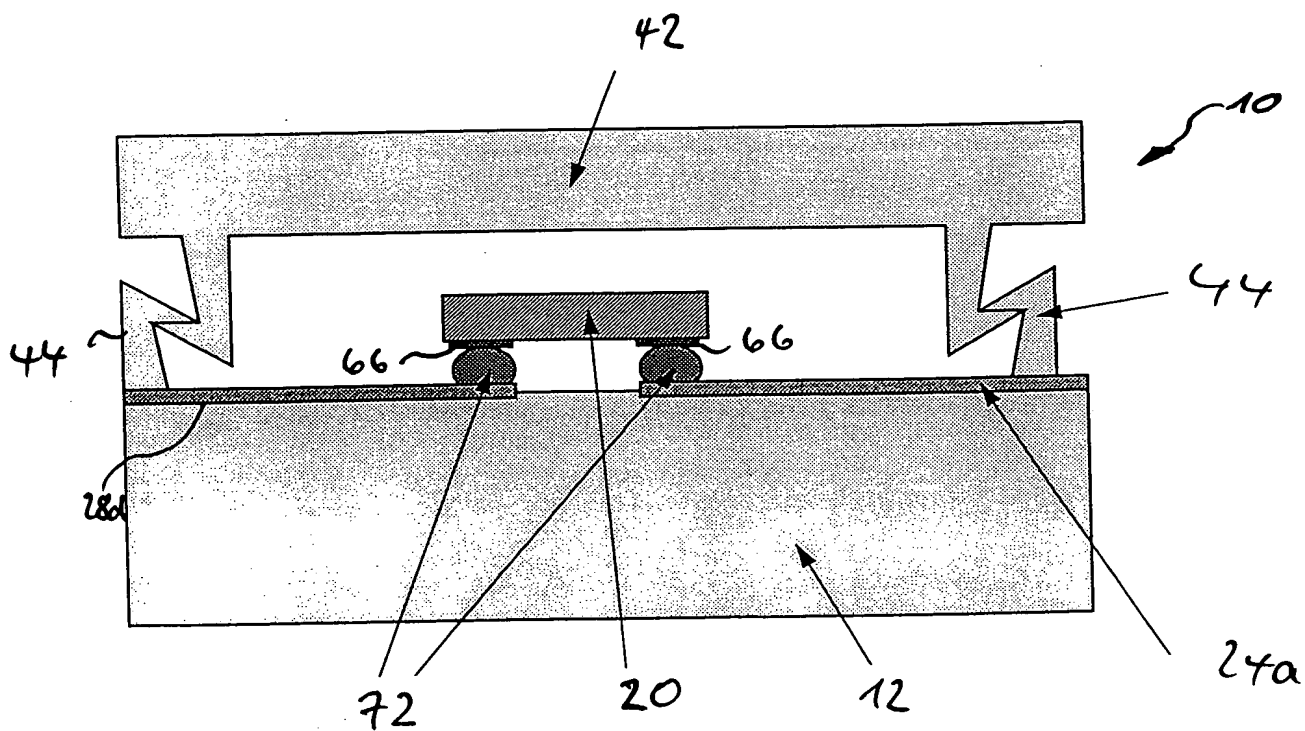


Fig. 6

THIS PAGE BLANK (USPTO)